

# ANALISIS PENGARUH STRUKTUR JOINT TERHADAP FRAGMENTASI PELEDAKAN DAN PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT PT SEMEN PADANG (PERSERO), TBK.

## ANALYSIS OF INFLUENCE OF JOINT STRUCTURE ON DRAGING FRAGMENTATION AND PRODUCTIVITY OF DIGGING-LOADING EQUIPMENT PT SEMEN PADANG (PERSERO), TBK.

Waluyo<sup>1</sup>, Taufik Toha<sup>2</sup>, Endang Wiwik<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan, 30139, Indonesia

Telp/fax: (0711) 370137; E-mail: waluyo@unsri.ac.id

### ABSTRAK

Fragmentasi batuan hasil peledakan merupakan salah satu parameter kesuksesan suatu peledakan, dimana fragmentasi ini akan mempengaruhi tahapan-tahapan selanjutnya, seperti digging, hauling, dan crushing. Hal inilah dibutuhkannya perhitungan yang cermat untuk memperkirakan ukuran batu pecah. Hard limestone mempunyai sifat fisik relatif kompak dengan strength relatif tinggi. Struktur batuan termasuk rock jointed dengan joint spacing termasuk kategori spasi dekat (6 – 20 cm) dan kategori spasi moderat lebar (20 – 60 cm) (Attewel, 1993). Dengan melakukan observasi terhadap operasi peledakan yang ada saat ini meliputi geometri, pola lubang ledak, dan penggunaan bahan peledak, serta pengaruhnya terhadap kondisi batuan (sifat fisik mekanik), orientasi joints (dip, strike, dan joints spacing) sebagai pertimbangan rancangan peledakan (modifikasi) dalam rangka mengurangi boulders untuk meningkatkan produktivitas alat gali muat.

Kata Kunci: Rock Jointed, Orientasi Joints, Boulders, Alat Gali Muat

### 1. PENDAHULUAN

Jenis batu kapur pada penambangan batu kapur di Bukit Karang Putih PT Semen Padang (Persero), Tbk. ada 3 (tiga), yaitu *hard limestone*, *sugary limestone*, dan *brittle limestone* [1].

*Hard limestone* mempunyai sifat fisik relatif kompak dengan *strength* relatif tinggi. Struktur batuan termasuk *rock jointed* dengan *joint spacing* termasuk kategori spasi dekat (6 – 20 cm) dan kategori spasi moderat lebar (20 – 60 cm)[2].

Peledakan merupakan proses penghancuran batuan dalam skala yang besar dengan menggunakan bahan peledak agar proses selanjutnya dapat dilakukan dengan mudah [3]. Kunci keberhasilan suatu operasi peledakan yaitu diperolehnya ukuran fragmentasi yang sesuai dengan kebutuhan proses selanjutnya.

Operasi peledakan *hard limestone* pada Quarry Batu Kapur Bukit Karang Putih PT Semen Padang (Persero), Tbk. menerapkan *non electric blasting* [4]. Fragmentasi hasil peledakan masih terdapat banyak *boulders* (bongkah > 80 cm). *Boulders* tersebut akan mempengaruhi produktivitas excavator yang digunakan. Disamping itu juga penggunaan back

hoe sebagai excavator akan mengakibatkan fragmentasi batu kapur sebagian hancur dikarenakan back hoe bekerja di atas tumpukan pecahan batuan [5]. Analisis terhadap teknis peledakan *hard limestone* tersebut perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pemboran dan peledakan.

Dengan melakukan observasi terhadap operasi peledakan yang ada saat ini meliputi geometri, pola lubang ledak, dan penggunaan bahan peledak, serta pengaruhnya terhadap kondisi batuan (sifat fisik mekanik), orientasi joints (*dip*, *strike*, dan *joints spacing*) sebagai pertimbangan rancangan peledakan (modifikasi) dalam rangka mengurangi *boulders* untuk meningkatkan produktivitas alat gali muat.

Geometri peledakan sangat berpengaruh dalam mengontrol hasil peledakan. Geometri peledakannya baik akan menghasilkan fragmentasi batuan yang sesuai dengan ukuran alat gali muat atau alat peremuk, tanpa terdapat adanya bongkah, kondisi jenjang yang lebih stabil, dan keamanan alat-alat mekanis serta keselamatan para pekerja yang bekerja lebih terjamin [6].

Kegiatan pembongkaran batuan umumnya dilakukan dengan kegiatan peledakan, sebelum dilakukan kegiatan peledakan terlebih dahulu dilakukan kegiatan pengeboran untuk mempersiapkan lubang ledak. Kemampuan produksi (produktivitas) alat bor sangat mempengaruhi besar kecilnya material yang akan dibongkar [7]. Faktor yang perlu diketahui agar suatu kegiatan peledakan dapat berjalan dengan baik yaitu faktor massa batuan, pola peledakan, geometri peledakan dan penggunaan bahan peledak [6].

Berhasilnya suatu kegiatan peledakan tergantung daripada persentase distribusi fragmentasi batuan. Persentase distribusi fragmentasi batuan dikatakan baik apabila persentase boulder dibawah 18% [8]. Distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan aktual dapan dilakukan dengan menggunakan aplikasi Split Desktop 2.0.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penyelesaian penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan antara teori dengan data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah.

Pengambilan data yang dilakukan berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data observasi di lapangan meliputi observasi lapangan terhadap geometri peledakan, *cycle time* pemboran, dan pengamatan orientasi joints (*dip – strike*, *joints spacing*) serta *cycle time* excavator. Data sekunder yang dikumpulkan yaitu peta lokasi penelitian, spesifikasi bahan peledak, peralatan, dan perlengkapan peledakan.

Data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- Data geometri peledakan aktual, meliputi *burden* (B), *spasi* (S), kedalaman lubang ledak (L), dan diameter lubang ledak (d). Data geometri diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung geometri peledakan di lapangan.
- Data dokumentasi peledakan meliputi dokumentasi lokasi sebelum peledakan dilakukan, dokumentasi selama aktivitas peledakan berlangsung, dokumentasi lokasi setelah peledakan, dan dokumentasi hasil peledakan untuk keperluan analisa fragmentasi batuan hasil peledakan.
- Karakteristik batuan pada tiap-tiap lokasi peledakan yang dilakukan. Data yang diperoleh meliputi struktur batuan (*orientasi joints : dip dan strike*) dan *joints spacing*.
- Data produktivitas alat gali-muat (excavator) hasil peledakan. Data ini diperoleh dari data realtime produksi.

Selain itu dalam penelitian ini dibutuhkan data pendukung meliputi: spesifikasi bahan peledak dan aksesoris peledakan yang digunakan serta spesifikasi alat yang berhubungan langsung dengan topik penelitian.

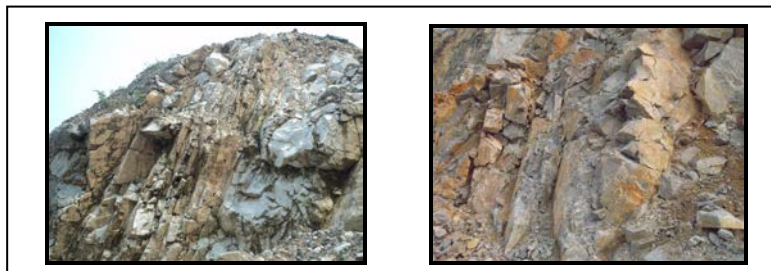
Data hasil penelitian yang diperoleh kemudian akan dilakukan proses pengolahan data dengan menganalisis data, yaitu:

- Pengolahan data dilakukan dengan cara menggunakan aplikasi *Split Desktop 2.0*. Aplikasi ini merupakan aplikasi untuk analisis fotometri dengan memperhitungkan besaran ukuran fragmentasi batuan berdasarkan visual gambar yang diambil dengan cara membandingkannya melalui *scale image* [9]. Langkah kerja menggunakan aplikasi ini, yang pertama adalah penentuan skala dari gambar fragmentasi, kemudian delinasi material secara manual pada *toolbar split*. Setelah selesai delinasi, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan distribusi fragmentasi dengan cara klik *compute size* pada *toolbar split*. Hasil dari distribusi fragmentasi tersebut dapat disajikan dalam bentuk diagram dengan cara klik *graph and output*.
- Data geometri peledakan dan produktivitas alat gali muat diolah menggunakan program *Microsoft Excel* dengan mengacu kepada rumusan-rumusan dan pendekatan empiris yang ada.

Pemecahan masalah dilakukan berdasarkan pada analisa terhadap data yang diperoleh di lapangan dengan berpegang pada literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah tersebut. Data yang diperoleh dari aktivitas peledakan aktual dibandingkan dengan rencana peledakan yang dilakukan serta target yang telah ditetapkan. Hasil aktual yang dicapai sesuai dengan rencana dan target yang telah ditetapkan dapat diambil sebagai rekomendasi geometri peledakan yang akan digunakan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran terhadap orientasi *joint* di Quarry Batu Kapur Bukit Karang Putih (Gambar 1 dan Gambar 2) didapat spasi *joint* sebagian besar terkategori spasi moderat lebar (200 – 600 mm) dan ada sebagian kecil kategori spasi lebar (600 – 2.000 mm), maka struktur batuan batu kapur dikategorikan sebagai *rock jointed* seperti tertera pada Tabel 1.



Gambar 1. Struktur *Joint* Batu Kapur



Gambar 2. Pengukuran Orientasi *Joint* Batu Kapur

Tabel 1. Hasil Pengukuran Orientasi *Joint*

NO	JUMLAH PENGUKURAN	JARAK JOINT (cm)			DESKRIPSI <sup>*)</sup>
		MIN.	MAKS.	RERATA	
1	60	10	150	44,28	Spasi moderat lebar
2	31	10	50	25,35	Spasi moderat lebar
3	45	10	180	52,33	Spasi moderat lebar
4	62	10	190	70,16	Spasi lebar
5	60	10	60	31,53	Spasi moderat lebar

<sup>\*)</sup> Tabel 2

Tabel 2. Klasifikasi Jarak Antar Bidang Lemah [2]

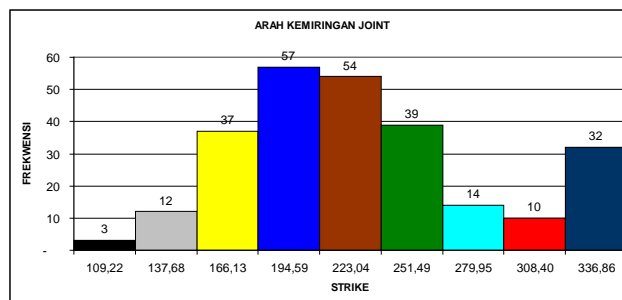
Deskripsi	Struktur bidang lemah	Jarak (mm)
Spasi sangat lebar	Perlapisan sangat tebal	> 2000
Spasi lebar	Perlapisan tebal	600 – 2000
Spasi moderat lebar	Perlapisan tebal	200 – 600
Spasi dekat	Perlapisan tipis	60 – 200
Spasi sangat dekat	Perlapisan sangat tipis	20 – 60
Spasi ekstrim dekat	Laminasi tipis (sedimentasi)	< 20

Data hasil pengukuran (258 pengukuran) terhadap orientasi *joint* pada Quarry Batu Kapur Bukit Karang Putih menunjukkan rata-rata jurus (*strike*) *joint* adalah 227,92 dengan arah Timurlaut – Baratdaya (Gambar 3) dan kemiringan (*dip*) *joint* sebesar 73,43° (Gambar 4), sedangkan jarak (spasi) *joint* rata-rata 46,67 cm (Gambar 5) termasuk ke dalam kategori sebagian besar spasi moderat lebar. Berdasarkan kondisi struktur batuan yang dominan kategori spasi moderat lebar dan hanya sebagian kecil kategori spasi lebar, maka desain geometri peledakan yang dilakukan sama untuk kedua kategori struktur batuan tersebut.

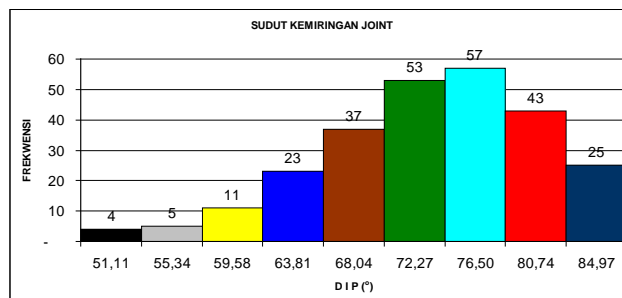
Pengaruh struktur batuan (spasi *joint*) terhadap mekanisme pecahnya batuan dimana getaran tanah yang ditimbulkan oleh aktivitas peledakan dengan adanya *joint* dapat mengurangi intensitas gelombang tekan/ kompresif mencapai bidang bebas (*free face*). Semakin banyak bidang *joint* maka semakin kecil gelombang kompresif yang mencapai bidang bebas yang mengakibatkan terbentuknya fragmentasi *boulders* (Gambar 6.a) [10].

Pada peledakan batuan *rock jointed* dengan struktur *joint* spasi moderat lebar dan terdapat banyak bidang belahan (*cleavage*) dan bidang patahan (*fracture*), seperti terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2, apabila geometri peledakan dan penggunaan bahan peledak yang tidak merata (Gambar 6.b) maka akan menghasilkan *boulders* pada bagian atas.

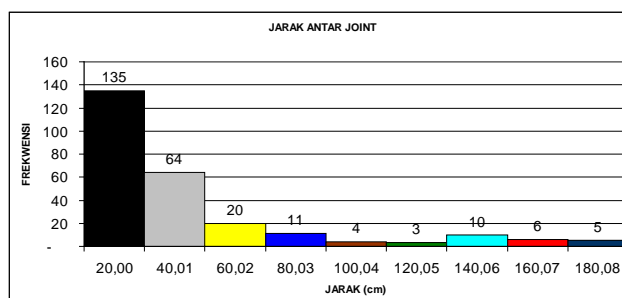
Pada kegiatan peledakan di Quarry Batu Kapur Bukit Karang Putih dengan sistem pengisian bahan peledak secara *column loading* dengan tinggi kolom bahan peledak yang terbatas dan tinggi kolom *stemming* yang terlalu tebal yang mengakibatkan energi peledakan terkonsentrasi di bagian bawah lubang ledak dengan struktur batuan *rock jointed* maka fragmentasi hasil peledakan bagian atas lubang ledak akan terdapat *boulders* (Gambar 6.b).



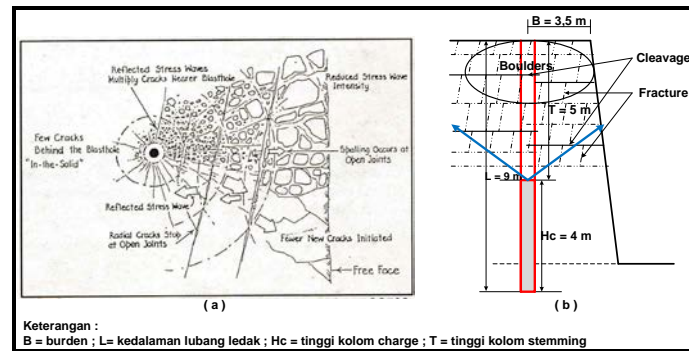
Gambar 3. Distribusi Frekwensi Kemiringan *Joint* (*Strike*)



Gambar 4. Distribusi Frekwensi Sudut Kemiringan *Joint* (*Dip*)



Gambar 5. Distribusi Frekwensi Jarak Antar *Joint* (*Spasi*)



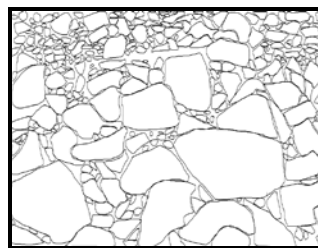
**Gambar 6. Mekanisme Pecahnya Batuan**

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan terhadap geometri peledakan dan penggunaan bahan peledak pada Quarry Batu Kapur Bukit Karang Putih didapat geometri rata-rata seperti tertera pada Tabel 3. Hasil distribusi fragmentasi peledakan untuk kondisi geometri peledakan aktual dihitung dengan menggunakan *software Split Desktop v.2.0* seperti tertera pada Gambar 7 dan Tabel 4.

**Tabel 3. Geometri Peledakan Aktual**

NO	GEOMETRI PELEDAKAN	AKTUAL
1	Diameter (D), inchi	4,00
2	Burden (B), meter	3,53
3	Spacing (S), meter	4,05
4	Kedalaman Lubang Ledak (L), meter	8,97
5	Subdrilling (SD), meter	1,06
6	Tinggi Jenjang (H), meter	7,91
7	Stemming (T), meter	5,10
8	Bahan Peledak (HD), kg/lubang	50,00
9	Kolom Isian (Hc), meter	4,07
10	Volume Bongkaran (V)	
	$V = B \times S \times H$ , bcm	112,97
	$V = B \times S \times H \times \text{Density}^{*)}$ , ton	299,36
11	Powder Factor (PF)	
	PF = kg/bcm	0,44
	PF = kg/ton	0,17

<sup>\*)</sup> Density batu kapur = 2,65 ton/m<sup>3</sup>



**Gambar 7. Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual**

**Tabel 4. Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual**

No	Distribusi Fragmentasi (mm)	Aktual (%)
1	> 1.000	0
2	801 - 1.000	1,33
3	601 - 800	9,71
4	401 - 600	17,34
5	201 - 400	10,94
6	< 200	60,68

Fragmentasi hasil peledakan dengan geometri aktual belum optimal karena terdapat distribusi fragmentasi maksimal 801 – 1.000 mm sebesar 1,33% yang mana fragmentasi ini ukurannya mendekati luasan lubang bukaan *hopper crusher* (1 m x 1,2 m) yang kemungkinan dapat menghambat kelancaran *feeding* (umpan) *crusher*.

Faktor yang menyebabkan fragmentasi hasil peledakan belum optimal tersebut antara lain diakibatkan oleh struktur *joint* pada batuan kapur yang terkategori *rock jointed*, geometri peledakan aktual (Tabel 3), yaitu *burden* (B) dan *spacing* (S) yang tidak beraturan:

- *Burden* : maksimum = 3,69 m ; minimum = 3,31 m ; rata-rata = 3,56 m
- *Spacing* : maksimum = 4,36 m ; minimum = 3,70 m ; rata-rata = 4,08 m

Penerapan kolom *stemming* (T) terlalu tinggi tidak sesuai dengan *rule of thumb* rumus empiris *stemming*,  $T = 0,7 - 1 B$ .

Berdasarkan kondisi aktual, *burden* sebesar 3,56 m ; jadi T empiris = B = 3,56 m ; sedangkan T aktual = 4,98 m berarti T aktual lebih besar 39,89% dari T empiris. Penerapan *stemming* yang terlalu tinggi tersebut akibat penggunaan bahan peledak yang belum optimal (50 kg per lubang).

Dengan sistem pengisian bahan peledak secara *column loading* (*stemming* terlalu tinggi) dan kondisi *rock jointed* maka fragmentasi bagian atas dari lubang peledakan berukuran boulders (diameter >600 mm). Hal ini disebabkan karena dengan sistem *column loading* energi peledakan terkonsentrasi di bagian bawah lubang ledak.

Upaya untuk mengoptimalkan fragmentasi hasil peledakan yang dipengaruhi oleh struktur *joint* dilakukan eksperimen dengan modifikasi geometri peledakan (memperbesar *burden* dan spasi) guna meningkatkan efisiensi pemboran dan peledakan serta melakukan penambahan bahan peledak dari 50 kg per lubang menjadi 60 kg per lubang. Penambahan bahan peledak bertujuan untuk mengoptimalkan tinggi *stemming* agar energi peledakan dapat mencapai bagian atas lubang ledak, diharapkan energi peledakan akan mengurangi boulders di bagian atas lubang ledak. Adapun modifikasi yang dilakukan yaitu modifikasi I = B x S = 4 m x 4,5 m dan modifikasi II = B x S = 4,5 m x 5 m.

Modifikasi I meliputi penambahan ukuran *burden* dan spasi serta jumlah bahan peledak yang digunakan seperti tertera pada Tabel 5. Hasil distribusi fragmentasi peledakan untuk modifikasi I seperti tertera pada Gambar 8 dan Tabel 6.

**Tabel 5. Geometri Peledakan Modifikasi I**

NO	GEOMETRI PELEDAKAN	MODIFIKASI I
1	<i>Diameter</i> (D), inchi	4,00
2	<i>Burden</i> (B), meter	4,00
3	<i>Spacing</i> (S), meter	4,50
4	Kedalaman Lubang Ledak (L), meter	9,00
5	<i>Subdrilling</i> (SD), meter	0,80
6	Tinggi Jenjang (H), meter	8,20
7	<i>Stemming</i> (T), meter	4,00
8	Bahan Peledak (HD), kg/lubang	60,00
9	Kolom Isian (Hc), meter	4,93
10	Volume Bongkaran (V)	
	$V = B \times S \times H$ , bcm	147,60
	$V = B \times S \times H \times \text{Density}^{*)}$ , ton	391,14
11	<i>Powder Factor</i> (PF)	
	PF = kg/bcm	0,41
	PF = kg/ton	0,15

<sup>\*)</sup> Density batu kapur = 2,65 ton/m<sup>3</sup>



**Gambar 8. Fragmentasi Hasil Peledakan Modifikasi I**

**Tabel 6. Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan Modifikasi I**

No	Distribusi Fragmentasi (mm)	Modifikasi I (%)
1	> 1.000	0
2	801 - 1.000	0
3	601 - 800	2,19
4	401 - 600	8,24
5	201 - 400	21,76
6	< 200	67,81

Distribusi fragmentasi peledakan maksimal berukuran 601 - 800 mm sebesar 2,19% dan dominan berukuran <200 mm sebesar 67,81%. Hilangnya distribusi fragmentasi berukuran besar (801 - 1.000 mm) dikarenakan oleh penambahan dimensi *burden* dan spasi dan dengan adanya penambahan bahan peledak (tinggi *stemming* sesuai rule of thumb,  $T = 0,7 - 1 B$ ), dimana  $T = B = 4$  m.

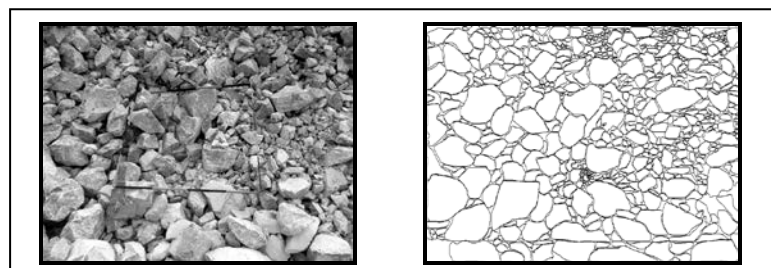
Berdasarkan hasil distribusi fragmentasi hasil peledakan geometri modifikasi I relatif baik tidak terdapat fragmentasi boulders yang lebih besar dari 800 mm maka dalam rangka meningkatkan efisiensi pemboran dan peledakan untuk geometri modifikasi II dilakukan penambahan ukuran *burden* dan spasi dengan jumlah bahan peledak tetap seperti tertera pada Tabel 7. Hasil distribusi fragmentasi peledakan untuk geometri modifikasi II seperti tertera pada Gambar 9 dan Tabel 8.

**Tabel 7 Geometri Peledakan Modifikasi II**

NO	GEOMETRI PELEDAKAN	MODIFIKASI II
1	<i>Diameter</i> (D), inchi	4,00
2	<i>Burden</i> (B), meter	4,50
3	<i>Spacing</i> (S), meter	5,00
4	Kedalaman Lubang Ledak (L), meter	9,00
5	<i>Subdrilling</i> (SD), meter ( $SD = 0,2 B$ )	0,90
6	Tinggi Jenjang (H), meter ( $H = L - SD$ )	8,10
7	<i>Stemming</i> (T), meter ( $T = B$ )	4,50
8	Bahan Peledak (HD), kg/lubang	60,00
9	Kolom Isian (Hc), meter ( $Hc = HD/LD^{(*)}$ )	4,93
10	Volume Bongkaran (V)	
	$V = B \times S \times H$ , bcm	182,25
	$V = B \times S \times H \times \text{Density}^{(**)}$ , ton	482,96
11	<i>Powder Factor</i> (PF)	
	PF = kg/bcm	0,33
	PF = kg/ton	0,12

<sup>(\*)</sup> Loading Density (LD) = 12,17 kg/m

<sup>(\*\*)</sup> Density batu kapur = 2,65 ton/m<sup>3</sup>

**Gambar 9. Fragmentasi Hasil Peledakan Modifikasi II**



**Tabel 8. Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan Modifikasi II**

No	Distribusi Fragmentasi (mm)	Modifikasi 2(%)
1	> 1.000	5,83
2	801 - 1.000	3,69
3	601 - 800	3,24
4	401 - 600	4,46
5	201 - 400	25,73
6	< 200	57,05

Distribusi fragmentasi peledakan maksimal meningkat mencapai >1.000 mm sebesar 5,83% dan berukuran 801 - 1.000 mm sebesar 3,6% serta dominan berukuran <200 mm sebesar 57,05%. Meningkatnya distribusi fragmentasi berukuran besar (>1.000 mm) dikarenakan oleh penambahan jarak *burden* dan spasi dan jumlah bahan peledak tetap sebesar 60 kg per lubang tidak mampu mengatasi kondisi struktur *joint* batu kapur yang ada di Quarry Bukit Karang Putih.

Rekapitulasi hasil estimasi distribusi fragmentasi hasil peledakan dengan geometri dan penggunaan bahan peledak kondisi aktual, modifikasi I dan modifikasi II seperti tertera pada Tabel 9.

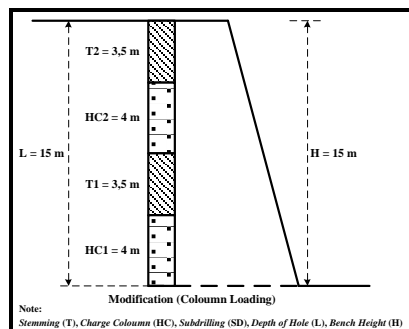
Geometri modifikasi I lebih baik dibandingkan dengan geometri aktual dan geometri modifikasi II, atas pertimbangan pada geometri modifikasi I fragmentasi maksimal berukuran 601 – 800 mm hanya 2,19%, sedangkan untuk geometri aktual terdapat distribusi fragmentasi maksimal berukuran 801 – 1.000 mm sebesar 1,33% serta modifikasi II distribusi fragmentasi 801 – 1.000 mm sebesar 3,69% dan terdapat ukuran fragmentasi >1.000 mm sebesar 5,83%.

Pada prinsipinya distribusi fragmentasi hasil peledakan harus sesuai dengan lubang bukaan crusher (1 m x 1,2 m) agar menunjang kelancaran pengumpanan crusher dan sepadan dengan kapasitas bucket alat gali muat yang digunakan yaitu Excavator PC-1800 (12 m<sup>3</sup>) agar meningkatkan produktivitas alat gali muat.

Upaya untuk meningkatkan efisiensi pemboran dan peledakan untuk batuan *rock jointed* dapat dilakukan dengan menerapkan sistem pengisian bahan peledak secara *deck loading* agar penggunaan bahan peledak berkurang dan distribusi energi merata di bagian bawah dan bagian atas lubang ledak (Gambar 10).

**Tabel 9. Rekapitulasi Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan**

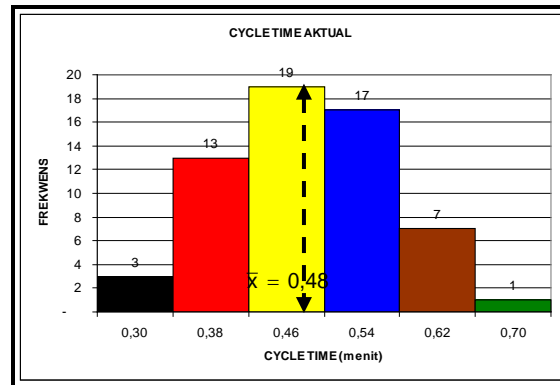
NO	PELEDAKAN	KONDISI		
		AKTUAL	MODIFIKASI I	MODIFIKASI II
1	Geometri, meter			
	Burden (B)	3,53	4,00	4,50
	Spacing (S)	4,05	4,50	5,00
	Tinggi Jenjang (H)	7,91	8,20	8,10
2	Bahan Peledak, kg	50	60	60
3	Powder Factor, kg/ton	0,17	0,15	0,12
4	Distribusi Fragmentasi, %			
	>1.000 mm	0	0	5,83
	801 - 1.000 mm	1,33	0	3,69
	601 - 800 mm	9,71	2,19	3,24
	401 - 600 mm	17,34	8,24	4,46
	201 - 400 mm	10,94	21,76	25,73
	<200 mm	60,68	67,81	57,05

**Gambar 10. Sistem Pengisian Bahan Peledak Deck Loading**

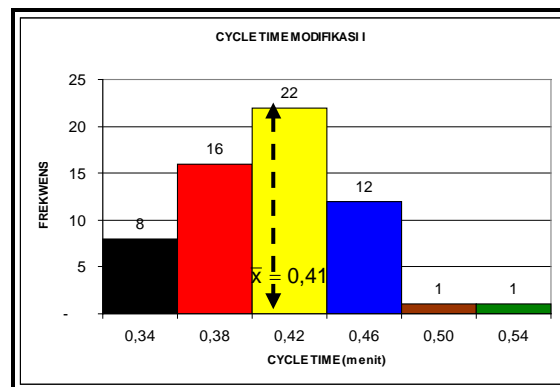


Alat gali muat yang digunakan pada Quarry Batu Kapur Bukit Karang Putih adalah excavator PC-1800 dengan kapasitas bucket 12 m<sup>3</sup>. Produktivitas alat gali muat dipengaruhi oleh fragmentasi hasil peledakan. Hasil distribusi fragmentasi peledakan yang telah dibahas pada sub bab Fragmentasi Hasil Peledakan sangat mempengaruhi produktivitas alat gali muat karena fragmentasi ukuran besar akan sangat mempengaruhi *cycle time* alat gali muat dan dapat menghambat kelancaran pada pengumpanan (*feeding*) crusher.

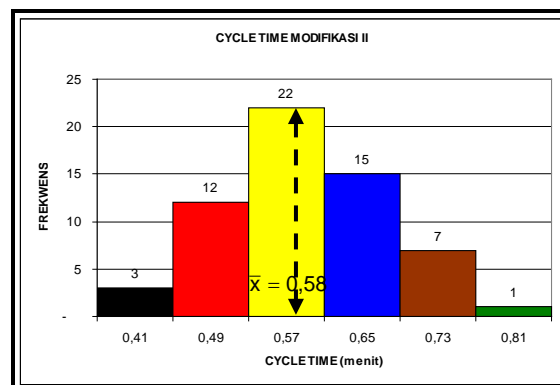
Pengaruh distribusi fragmentasi hasil peledakan terhadap *cycle time* alat gali muat terlihat kecenderungan *cycle time* relatif lebih lama pengaruh dari fragmentasi boulders (Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13). Pada kondisi geometri aktual didapat *cycle time* excavator sebesar 0,47 menit dan produksi sebesar 983,77 ton/jam, sedangkan untuk kondisi geometri modifikasi I didapat *cycle time* excavator sebesar 0,40 menit dan produksi sebesar 1.078,42 ton/jam serta kondisi geometri modifikasi II *cycle time* excavator 0,57 menit dan produksi sebesar 798,20 ton/jam (Tabel 10).



Gambar 11. Distribusi Cycle Time Excavator Aktual



Gambar 12. Distribusi Cycle Time Excavator Modifikasi I



Gambar 13. Distribusi Cycle Time Excavator Modifikasi II

**Tabel 10. Produktivitas Alat Gali Muat**

NO	PELEDAKAN	KONDISI		
		AKTUAL	MODIFIKASI I	MODIFIKASI II
1	Geometri, meter			
	Burden (B)	3,53	4,00	4,50
	Spacing (S)	4,05	4,50	5,00
	Tinggi Jenjang (H)	7,91	8,20	8,10
2	Bahan Peledak, kg	50	60	60
3	Powder Factor, kg/ton	0,17	0,15	0,12
4	Distribusi Fragmentasi, %			
	> 1.000 mm	0	0	5,83
	801 - 1.000 mm	1,33	0	3,69
	601 - 800 mm	9,71	2,19	3,24
	401 - 600 mm	17,34	8,24	4,46
	201 - 400 mm	10,94	21,76	25,73
	<200 mm	60,68	67,81	57,05
5	Cycle Time, menit	0,47	0,42	0,57
6	Produksi Excavator, ton/jam	973,91	1.129,62	795,75

Berdasarkan hubungan antara distribusi fragmentasi hasil peledakan terhadap produktivitas alat gali muat (excavator PC-1800) didapat produktivitas excavator geometri peledakan modifikasi I lebih besar dibandingkan produktivitas excavator untuk geometri aktual dan geometri modifikasi II. Hasil eksperimen diperoleh *powder factor* geometri peledakan modifikasi II (PF = 0,12) lebih kecil dibandingkan dengan modifikasi I (PF = 0,15) dan geometri aktual (PF = 0,16). Fragmentasi hasil peledakan untuk geometri modifikasi I lebih baik dari modifikasi II karena walaupun *powdernya* lebih kecil namun geometri modifikasi II terdapat fragmentasi ukuran besar (mencapai >1.000 mm). Berdasarkan analisis hasil yang didapat maka geometri modifikasi I adalah yang optimal untuk diterapkan pada Quarry Batu Kapur Bukit Karang Putih. Dengan melakukan modifikasi geometri peledakan dan penambahan bahan peledak dapat meningkatkan efisiensi pemboran dan peledakan serta produktivitas alat gali muat.

#### 4. KESIMPULAN

Fragmentasi hasil peledakan akan dipengaruhi oleh struktur joint, desain geometri peledakan dan penggunaan bahan peledak, dan distribusi fragmentasi hasil peledakan akan mempengaruhi produktivitas alat gali muat.

Kegiatan peledakan batu kapur di Quarry Bukit Karang Putih belum optimal dimana terdapat ukuran bongkah yang besar karena pengaruh struktur joint dan geometri (burden, spasi) serta kedalaman lubang yang tidak teratur dan stemming yang terlalu tinggi serta penggunaan bahan peledak yang belum optimal.

Modifikasi geometri peledakan dan penambahan bahan peledak dapat meningkatkan efisiensi pemboran, peledakan, dan produktivitas alat gali muat yang digunakan meningkat sebesar 15,99% dari 973,91 ton/jam menjadi 1.129,62 ton/jam.

Upaya untuk mengatasi masalah struktur joint pada Quarry Batu Kapur Bukit Karang Putih disarankan geometri peledakan yang diterapkan burden x spasi (4 m x 4,5 m), kedalaman lubang 9 m, stemming 4 m, subdrilling 0,8 m dan jumlah bahan peledak yang digunakan ANFO sebesar 60 kg per lubang dan primer dinamit 900 gram serta cara pengisian *column loading*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kosasih, O.(1999), *Geologi dan Potensi Batugamping Daerah Indarung dan Sekitarnya*, Final Project Geologi ITB, Bandung : ITB
- [2] Anon (1989), *Handbook of Blasting Tables*. Sydney : ICI Explosives Australia Operations Pty Ltd .
- [3] Kramadirata, S., (2004). *Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian*. Bandung: DESM Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara.
- [4] Heri (2012). *Kajian Teknis Geometri Peledakan di PT. Semen Padang Indarung Sumatera Barat*. Skripsi. Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya..
- [5] Irawan, R. (2001). *Upaya Perbaikan Fragmentasi Batuan Dalam Mencapai Sasaran Produksi Sebesar 23.580 Ton Perhari Bukit Karang Putih*. PT. Semen Padang. Final Project Pertambangan UPN Veteran, Yogyakarta : UPN.
- [6] Koesnaryo. S., (2001). *Teori Peledakan*. Bandung : PPPTMB.
- [7] Konya, K.J. and Wealter, E.J, (1990), *Surface Blast Design*. New Jersey : Hall. Inc.
- [8] Taufik, M.T., (1995). *Analisis Fragmentasi Peledakan Terhadap Produktivitas Excavator PC-200 di Tambang Batuan Andesit PT. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim*. Inderalya : Fakultas Teknik Unsri.
- [9] Frianto, Rudi, Nurhakim, & Riswan. (2011). *Kajian Teknis Geometri Peledakan Pada Keberhasilan Pembongkaran Overburden Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan*. *Jurnal Fisika FLUX*, vol 11 (1) : 56-67.
- [10] Ash, R.L., (1963), *The Mechanics of Rock Breakage*, Pit and Quarry Magazine.